



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 196 28 073 C 1

⑥① Int. Cl.®:
F 03 D 7/02
F 03 D 7/06
G 01 L 3/00

②① Aktenzeichen: 196 28 073.7-15
②② Anmeldetag: 12. 7. 96
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 9. 97

DE 196 28 073 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Aerodyn Energiesysteme GmbH, 24768 Rendsburg,
DE

⑦④ Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 24105 Kiel

⑦② Erfinder:
Siegfriedsen, Sönke, 25840 Friedrichstadt, DE;
Böhmeke, Georg, 24768 Rendsburg, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
NICHTS ERMITTELT

⑥④ Verfahren zur Justierung der Blattwinkel einer Windkraftanlage

⑤⑦ Verfahren zur Justierung der Blattwinkel der Rotorblätter
einer Windkraftanlage, zeitaufgelöstem Messen der Lei-
stungsabgabe der Windkraftanlage, Zuordnung der auf dem
Leistungsverlauf über die Zeit auftretenden zeitlichen Ab-
schnitte zu den Leistungsbeiträgen der einzelnen Rotorblät-
ter, und Einstellung einzelner Blätter des Rotors zur Minimie-
rung der aufgetretenen Differenzen der Leistungsbeiträge
zur Minimierung aerodynamischer Unwuchten.

DE 196 28 073 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Justierung der Blattwinkel der Rotorblätter einer Windkraftanlage.

Die Rotorblätter üblicher Windkraftanlagen werden im allgemeinen mit einer Nullmarkierung an der Blattwurzel auf einen bestimmten Einstellwinkel ausgerichtet. Toleranzen in der Verwindung, gegebenenfalls sogar Alterungsprozesse, führen dann zu einer Differenz der Blattwinkel im Betrieb.

Diese Differenz kann eine aerodynamische Unsymmetrie ergeben, die die Betriebsfestigkeitslasten einer Windkraftanlage unnötig erhöht und dynamisch eine Anregung einer Schwingung mit der Rotordrehzahl bewirkt. Dies ist unerwünscht.

Die Erfindung hat sich daher zur Aufgabe gestellt, die auftretenden unsymmetrischen Belastungen zu minimieren.

Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des geltenden Anspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche geben vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung wieder.

Insbesondere ist vorteilhaft für den Fall, daß die Anlage eine Einzelblattverstellung besitzt, folgendes Verfahren zur automatischen Symmetrierung zu verwenden: Bei gleichmäßigem, also insbesondere bei mäßig starkem Wind registriert der Betriebsführungsrechner alle Leistungsmaxima, die sich aus der natürlichen Windscherung ergeben und korreliert diese zur Rotorposition. Für jedes Blatt werden die Maxima summiert. Nach einer vorbestimmten Zeit wird dann durch Vergleich festgestellt, ob eines oder mehrere der Rotorblätter im Mittelungszeitraum überdurchschnittliche Leistungsmaxima erzeugt haben. Sofern dies der Fall ist, werden die entsprechenden Korrekturen am Blattwinkel vorgenommen. Beispielsweise wird dieses eine Blatt um einen vorgewählten Minimalschritt zurückgestellt, woraufhin die Messung erneut beginnt.

Falls das Maximum sich vergrößert, wird ein beispielsweise doppelter Weg in die andere Richtung beschritten, falls in erwünschter Weise sich das Maximum verringert hat, wird so lange weitergestellt, bis eine gleichmäßige Ausbeute aller Rotorblätter erreicht wird.

Selbstverständlich ist es auch möglich, statt einer Verstellung eines Rotors, der ein Maximum aufweist, die anderen beiden Rotoren entsprechend zu verstellen. Durch die Verstellung jeweils nur eines Rotors ist es jedoch einfacher, die tatsächlichen Auswirkungen der Verstellung zu überprüfen.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus nachfolgender Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels anhand der beigefügten Zeichnung.

Dabei zeigt:

Fig. 1 die sich tatsächlich ergebende Zuordnung der Leistungsmaxima zu den einzelnen Rotorpositionen anhand eines beispielsweise über einen Zeitraum von mehreren Umdrehungen erfassenden Zeitbereiches anhand einer Kurve der Leistungsabgabe,

Fig. 2 eine graphische Darstellung, bei der die Leistungsbeiträge, die jedem Rotorblatt zugeordnet sind, aufsummiert sind, und

Fig. 3 eine schematische Darstellung der mathematischen Weiterbehandlung der Leistungsbeiträge, die jedem Rotorblatt zugeordnet sind.

Sobald ein Rotorblatt nach oben steht, d. h. möglichst weit von dem die Luftbewegung bremsenden Boden entfernt ist, wird sich ein kleines lokales Maximum im Leistungsverlauf ergeben. Diese Maxima werden nun

bei nicht justierten Anlagen für unterschiedliche Blätter des Rotors meist leider unterschiedliche Amplituden haben, d. h. die Blätter liefern leicht unterschiedliche Leistungsbeiträge.

Durch zeitliche Mittelung für einen längeren Bereich von ca. zehn Minuten oder einer Stunde ergeben sich durch Integralbildung über jeweils einen Bereich, in dem das fragliche Rotorblatt nach oben steht, die beispielsweise in Fig. 2 dargestellten Säulendiagramme mit unterschiedlichen Höhen für die Leistungskomponenten jeweils eines Rotorblattes.

Durch Auswertung der Differenzen der sich in diesem Säulendiagramm ergebenden Werte können Blattwinkelkorrekturen errechnet werden, die zu einer Verstellung des Korrekturwinkels führen, so daß anschließend eine neue Messung vorgenommen werden kann. Ein selbstlernendes oder rekursives System läßt sich mit geeigneter Elektronik leicht herstellen.

Einem ersten zeitaufgelösten Messen der Leistungsabgabe der Windkraftanlage schließt sich also eine (zunächst beliebige) Zuordnung der auf dem Leistungsverlauf auftretenden zeitlichen Abschnitte zu den Leistungsbeiträgen der einzelnen Rotorblätter an.

Daraufhin werden die einzelnen Blätter des Rotors zur Minimierung der aufgetretenen Differenzen der Leistungsbeiträge zur Minimierung aerodynamischer Unwuchten nach dem Ergebnis justiert, das nach dem Aufsummieren der Zeitabschnitte auf dem Leistungsverlauf über jeweils einen Winkelbereich zu den Rotorblättern und Differenzbildung ermittelt wird. Zu diesem Zweck werden die zur Symmetrie notwendigen Verstellwinkel aus den Leistungsbeiträgen von der Betriebsführung errechnet.

Schwankende Windverhältnisse (Böen) während des Summationszeitraums werden durch eine Mittelung über einen Bereich von ca. 10 min—1 h mitberücksichtigt.

Das Einstellen der Blätter kann mit einem willkürlichen Verstellen eines Rotorblattes in eine erste Richtung (Rückstellung) begonnen werden, woraufhin der zugeordnete Leistungsbeitrag mit dem bisherigen Wert verglichen wird, zur Bestimmung ob die Differenz größer geworden ist und in eine andere Richtung gedreht werden muß, oder ob bessere Abstimmung erreicht ist. Alternativ kann auch durch erneutes zeitaufgelöstes Messen der zugeordneten Leistungsbeiträge bestimmt werden, ob die Differenz größer geworden ist und in eine andere Richtung gedreht werden muß, oder ob bessere Abstimmung erreicht ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Justierung der Blattwinkel der Rotorblätter einer Windkraftanlage, gekennzeichnet durch

- a) zeitaufgelöstes Messen der Leistungsabgabe der Windkraftanlage,
- b) Zuordnung der auf dem Leistungsverlauf über die Zeit auftretenden zeitlichen Abschnitte zu den Leistungsbeiträgen der einzelnen Rotorblätter,
- c) Einstellung einzelner Blätter des Rotors zur Minimierung der aufgetretenen Differenzen der Leistungsbeiträge zur Minimierung aerodynamischer Unwuchten.

2. Verfahren zur Justierung der Blattwinkel der Rotorblätter einer Windkraftanlage nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch den auf den obigen Schritt b)

folgenden Schritt

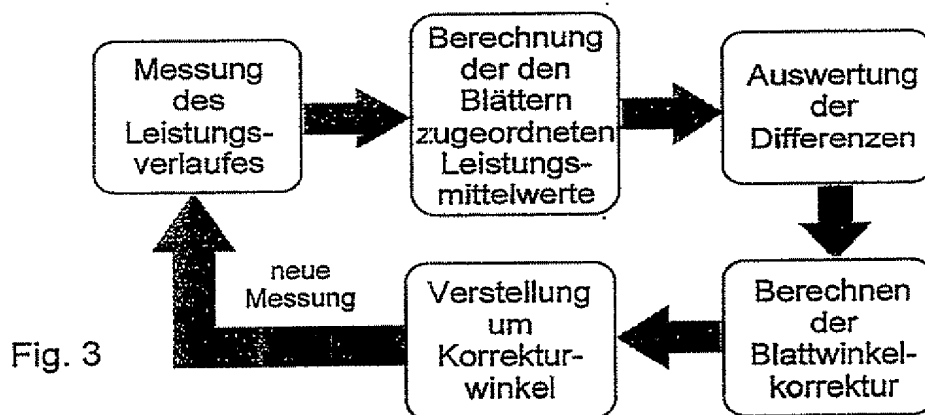
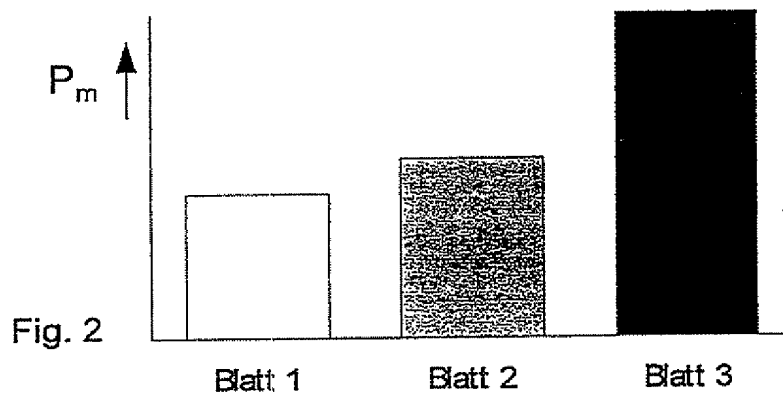
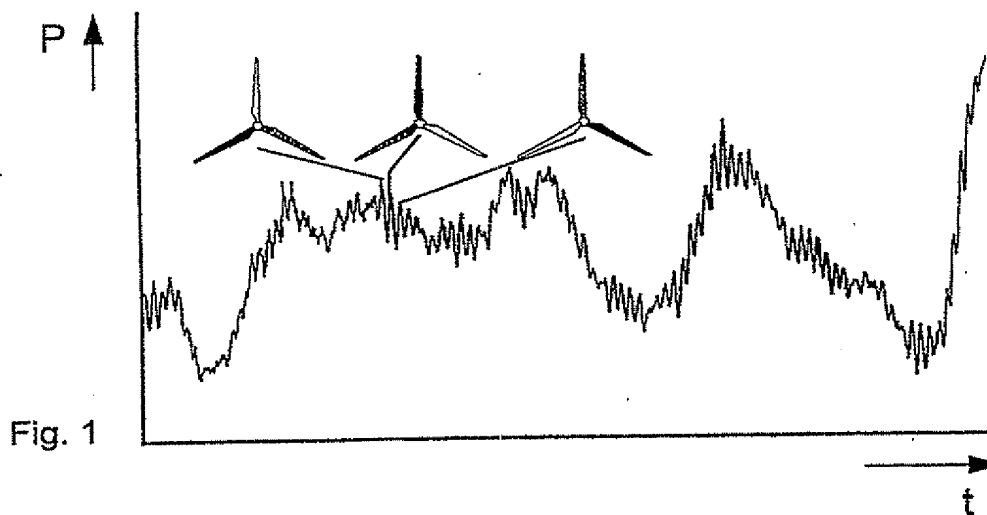
— Aufsummieren einer Vielzahl von Leistungswerten über jeweils einen Winkelbereich, in dem ein zugeordnetes Rotorblatt annähernd vertikal nach oben steht, um damit eine Leistungsmittelung über schwankende Windverhältnisse während des Summationszeitraums durchzuführen.

3. Verfahren zur Justierung der Blattwinkel der Rotorblätter einer Windkraftanlage nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt c) des Einstellens der Blätter mit einem willkürlichen Verstellen eines Rotorblattes in eine erste Richtung beginnt, woraufhin der zugeordnete Leistungsbeitrag mit dem bisherigen Wert verglichen wird, zur Bestimmung, ob die Differenz größer geworden ist und in eine andere Richtung gedreht werden muß, oder ob eine bessere Abstimmung erreicht ist.

4. Verfahren zur Justierung der Blattwinkel der Rotorblätter einer Windkraftanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt c) des Einstellens der Blätter mit einem willkürlichen Verstellen eines Rotorblattes in eine erste Richtung beginnt, woraufhin durch erneutes zeitaufgelöstes Messen der zugeordneten Leistungsbeiträge bestimmt wird, ob die Differenz größer geworden ist und in eine andere Richtung gedreht werden muß, oder ob bessere Abstimmung erreicht ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Automatische Symmetrierung der Blattwinkel einer Windkraftanlage



Wind-powered generation plant rotor blade angle correction method

Publication number: DE19628073
Publication date: 1997-09-18
Inventor: SIEGFRIEDSEN SOENKE (DE); BOEHMEKE GEORG (DE)
Applicant: AERODYN ENERGIESYSTEME GMBH (DE)
Classification:
- **international:** *F03D7/02; F03D7/04; F03D7/00;* (IPC1-7): F03D7/02; F03D7/06; G01L3/00
- **european:** F03D7/02D; F03D7/04
Application number: DE19961028073 19960712
Priority number(s): DE19961028073 19960712

[Report a data error here](#)

Abstract of **DE19628073**

The method detects the power output of the generation plant over a given time duration and evaluates the sections of the obtained power output characteristic corresponding to the different rotor blades, to calculate required rotor blade correction angles for minimising the power fluctuations. The rotor blades are corrected in accordance with the corresponding correction values and the measurement of the power output is repeated until the minimum aerodynamic imbalance is attained.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide